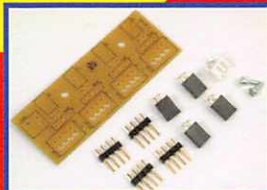
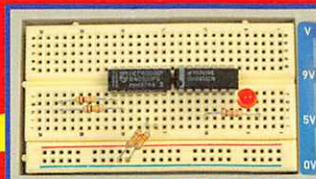
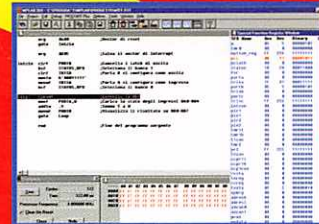
...e costruisci il tuo LABORATORIO DIGITALE

6,90 €

22

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41022

Peruzzo & C.

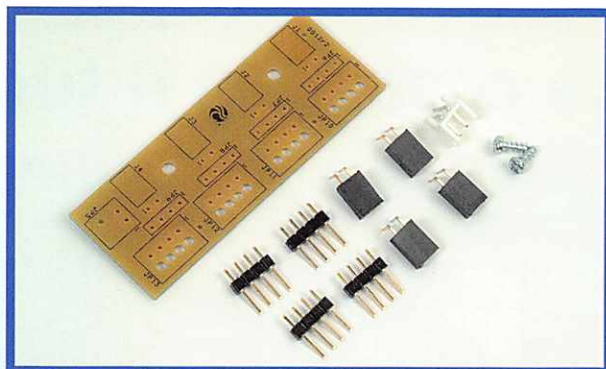
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Staroffset s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

1 Scheda DG12r2
4 Connettori femmina da c.s a 90° a 2 vie
4 Connettori maschio da c.s. diritti a 4 vie
1 Connettore maschio da c.s a 90° a 2 vie
2 Viti

IN REGALO nel prossimo fascicolo

1 Filo giallo flessibile
1 Filo azzurro flessibile

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

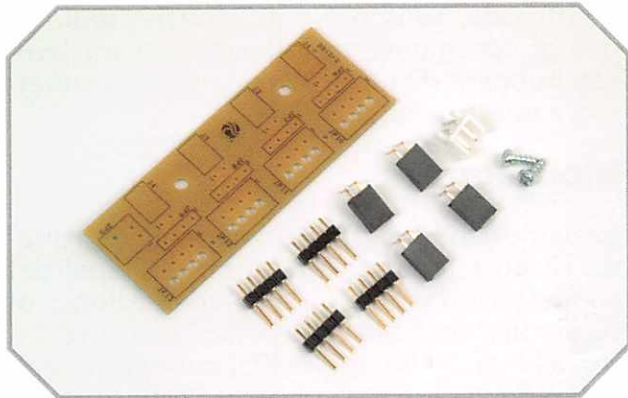
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede.
Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail: elettronicadigitale@microrobots.it

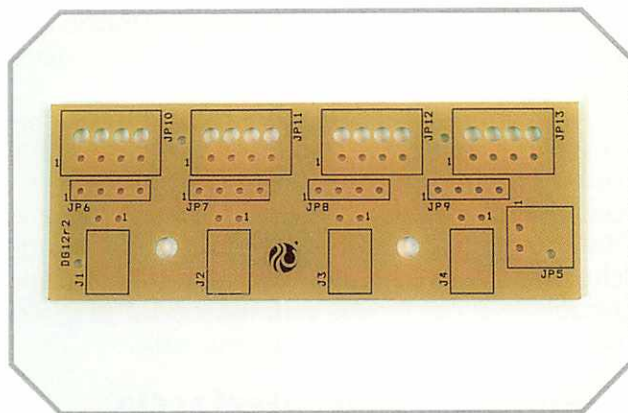
Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Alimentazione della matrice a 16 LED

Componenti di questo fascicolo.

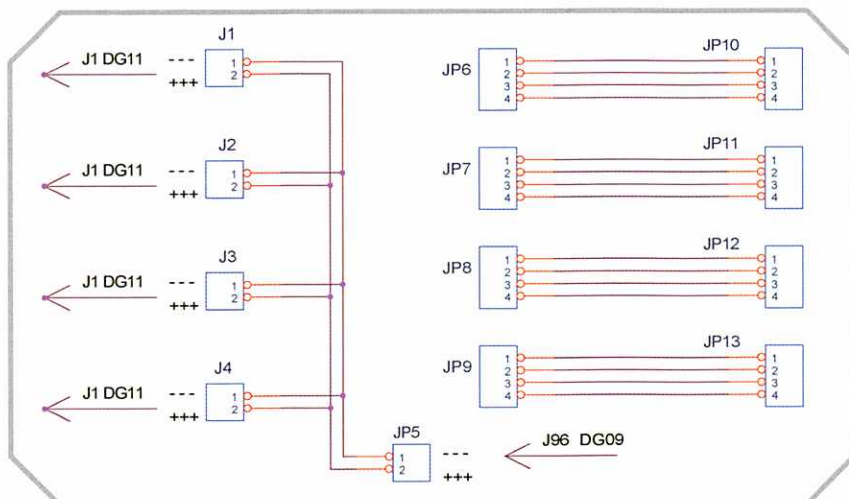
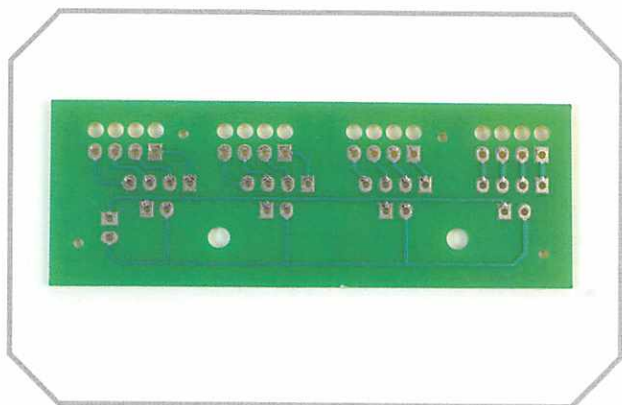
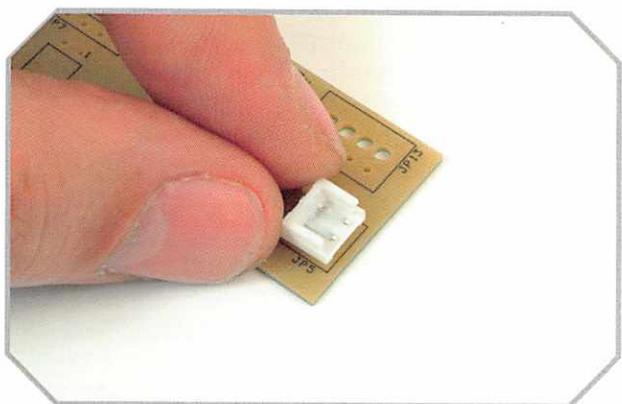
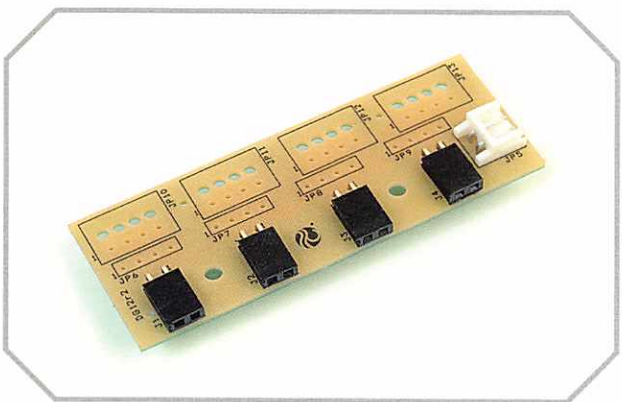
Con questo fascicolo vengono forniti i componenti necessari per il montaggio della scheda corrispondente alla distribuzione dell'alimentazione alle quattro schede DG11, ognuna delle quali contiene quattro LED dei sedici che compongono la matrice. Sono fornite anche le due viti che fissano questa scheda.

Circuito stampato DG12, lato componenti.

Il circuito

Osservando lo schema possiamo vedere che ha due parti ben distinte.

Da un lato troviamo il circuito di distribuzione dell'alimentazione alle schede DG11 con un connettore di ingresso di colore bianco, la cui sigla è JP5, e quattro di uscita di colore nero, collegati in parallelo al precedente, siglati come J1, J2, J3 e J4, ognuno dei quali porta il positivo e il negativo dell'alimentazione alla scheda DG11.

Il connettore JP5 riceve l'alimentazione dalla scheda DG09.

L'altra parte del circuito corrisponde al sistema di collegamento delle molle, e funziona da interfaccia tra il sistema di collegamento tramite molle e il sistema di collegamento tramite cavetti terminati sui connettori a

Schema della scheda di distribuzione dell'alimentazione della matrice a sedici LED.

Circuito stampato DG12, lato saldature.

I terminali del connettore JP5 devono rimanere orientati verso l'esterno della scheda.

Ognuno dei connettori J1, J2, J3 e J4 porta l'alimentazione a una scheda DG11.

quattro vie. Sono presenti, inoltrre, sedici linee di collegamento, indipendenti tra loro, raggruppate di quattro in quattro su connettori a quattro vie.

Montaggio

Iniziamo il montaggio dei componenti di questo circuito stampato inserendo i terminali del connettore d'ingresso dell'alimentazione, di colore bianco, nella zona della scheda in cui si trova la serigrafia siglata JP5; questi terminali devono essere orientati verso l'esterno della scheda.

I connettori di uscita dell'alimentazione da J1 a J4 sono di colore nero, piegati a 90°, femmina e uguali tra loro, si montano nello stesso modo del connettore precedente ed è necessario tenerli fermi mentre si saldano, in modo che rimangano ben allineati e con il contenitore appoggiato sul circuito stampato.

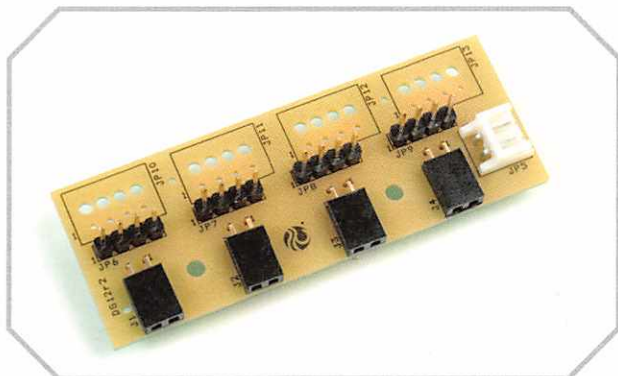
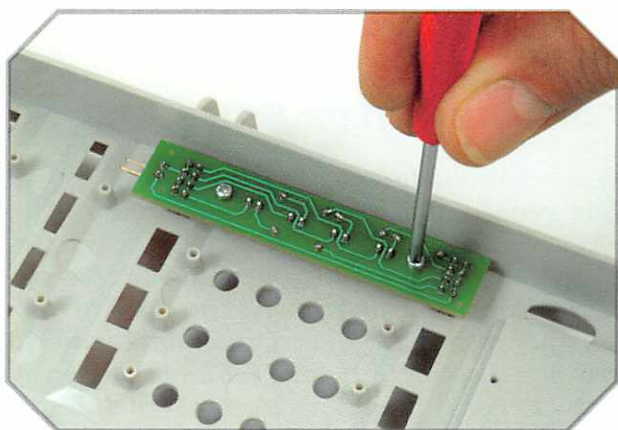
Applicheremo il saldatore per il tempo necessario a realizzare una buona saldatura per non rischiare di produrre una saldatura fredda, che potrebbe dare problemi col passare del tempo; occorre ricordare, tuttavia, che anche un eccessivo riscaldamento potrebbe danneggiare il contenitore di materiale plastico che sostiene i piedini del connettore.

Connettori dell'interfaccia

I connettori che formano questa interfaccia sono quattro, siglati da JP6 a JP9, e fuoriescono dalla parte esterna del pannello del laboratorio. Ognuno dei terminali di questi connettori, che sono sedici in totale, verrà collegato direttamente a una delle molle di interconnessione. La loro installazione è semplice, si tratta di quattro connettori uguali a quattro vie cadauno, che vengono inseriti nei fori siglati da JP6 a JP9, in modo che il supporto di plastica rimanga ben appoggiato sul circuito per garantire un buon allineamento.

Questi quattro connettori devono rimanere perfettamente allineati, in quanto devono fuoriuscire dalla parte esterna del pannello principale del laboratorio.

Pannello principale

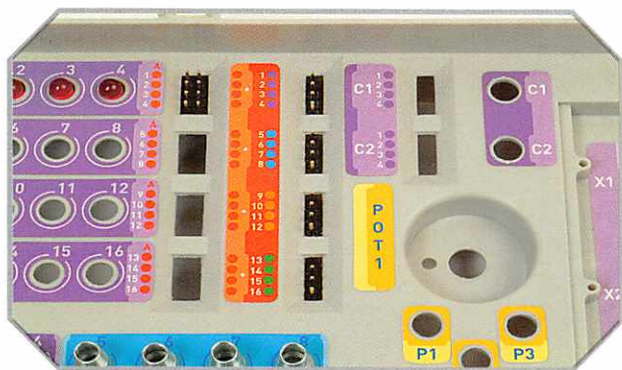
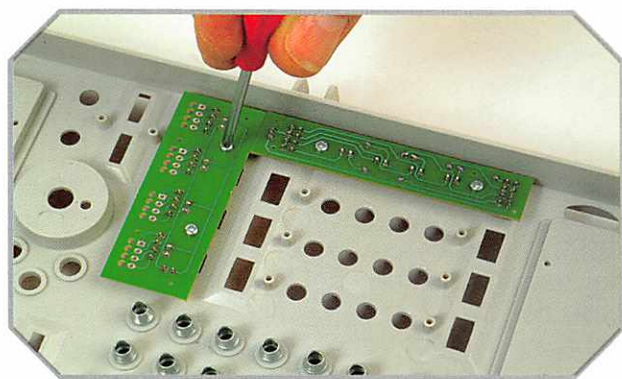
Prima di installare la scheda DG12 sul pannello, è necessario verificare che le quattro finestre

I connettori JP6, JP7, JP8 e JP9 devono rimanere ben allineati.

Prima di montare la scheda DG12 bisogna allentare di un giro le viti che fissano la scheda DG11.

da dove dovranno fuoriuscire i terminali dei connettori da JP6 a JP9 siano libere da sbavature derivanti dalla fusione della plastica. Per questo scopo utilizzeremo un connettore nero da quattro vie di un cavetto per verificare se passa con facilità per ognuno dei quattro fori. Questi fori sono siglati con un'etichetta con fondo rosso da uno a sedici, in gruppi distinti da quattro colori, che coincidono con il colore delle molle a cui vanno collegati.

Installazione di DG12

La scheda trova posto all'interno del pannello frontale e verrà fissata con due viti dopo averla collegata alla scheda DG11. Per ora ne abbiamo solamente una, ma in seguito verranno fornite le altre tre, che si installeranno nello stesso modo. La scheda DG11 si può togliere completamente, ma normalmente è sufficiente allentare di un giro le due viti che la fissano. Dopodiché collegheremo il terminale J1 di DG11 e J1 di DG12.

Questa operazione si deve realizzare con le schede capovolte, nel caso si incontrino difficoltà, si toglieranno completamente le viti per poi tornare a fissarle nel loro posto dopo aver posizionato le schede. Prima di chiudere le viti, dobbiamo verificare che i terminali dei connettori da JP6 a JP9 fuoriescano in posizione centrata rispetto alle finestre. Per ottenere questo vi consigliamo di inserire su JP6 e JP9 uno dei connettori di un cavetto terminato su connettori neri a quattro vie, in modo che la scheda si mantenga centrata. Poi finiremo di avvitare,

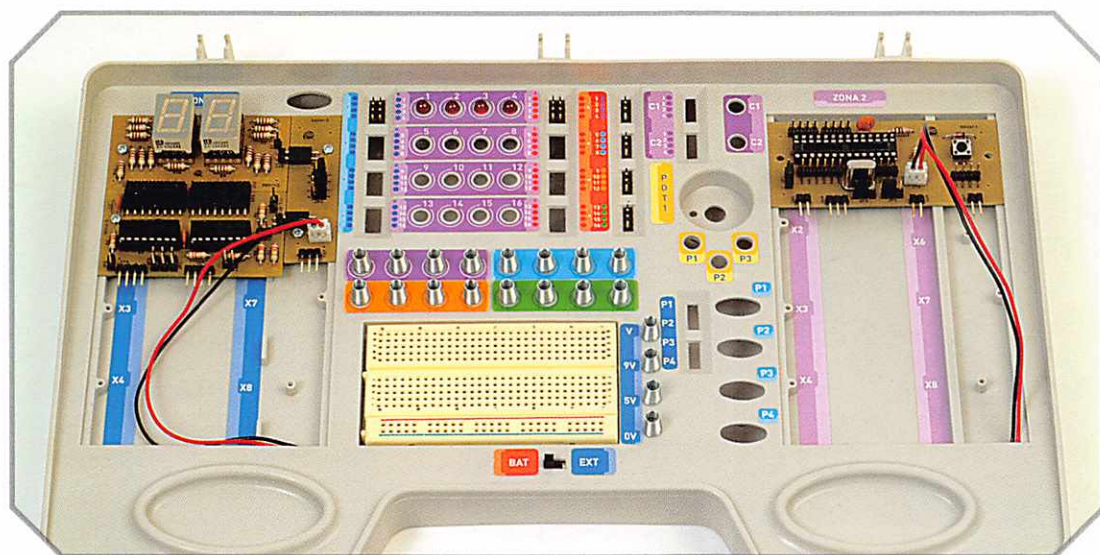
Bisogna unire il connettore J1 della scheda DG11 con il connettore J1 della scheda DG12.

Dal pannello frontale del laboratorio è possibile accedere ai terminali dei connettori da JP6 a JP9 della scheda DG12.

Schede DG12 e DG11 installate.

senza stringere, dato che questa scheda dovrà essere tolta ancora diverse volte per completare il montaggio del laboratorio. Dopo aver fissato la scheda toglieremo il cavetto di collegamento utilizzato per centrarla.

Collegamenti di alimentazione

Il connettore JP5 serve per collegare, mediante un cavetto, al connettore J96 della scheda DG09, tramite il quale si riceve l'alimentazione da 4,5 volt, quando si utilizzano le pile, e da 5 volt quando c'è l'alimentazione esterna. Sia sui connettori che alimentano la scheda DG11, che contiene quattro diodi LED, sia sul connettore JP5, il terminale1 corrisponde al negativo dell'alimentazione, mentre il terminale 2 corrisponde al positivo. Il cavetto che unisce queste due schede verrà fornito prossimamente.

Collegamenti da JP10 a JP13

Osservando la serigrafia della scheda è possibile vedere quattro zone siglate come JP10, JP11, JP12 e JP13. Guardando il circuito stampato dal lato saldature, possiamo vedere che in ognuna di queste zone ci sono otto fori, ma solamente quattro di essi, quelli di diametro minore, dispongono della piazzola per la saldatura. Per il momento questi terminali del circuito stampato devono rimanere liberi; molto presto ne verificheremo l'utilità.

Stato attuale del laboratorio.

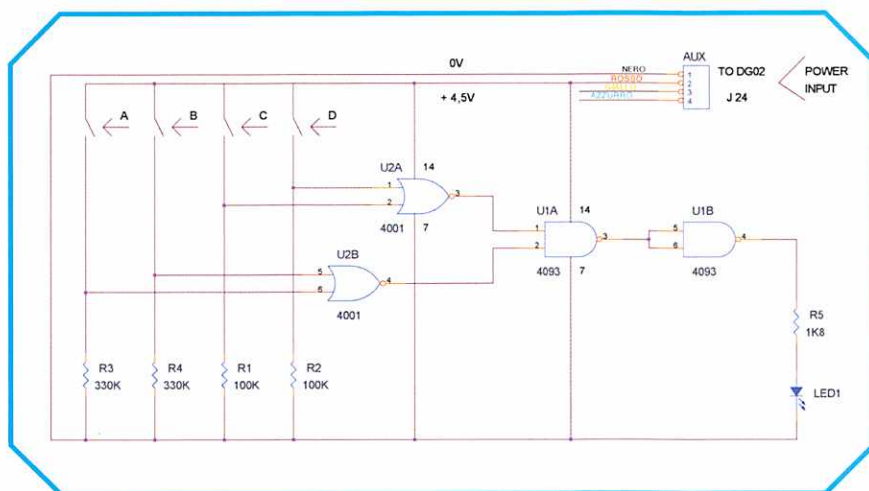
Porta NOR a 4 ingressi

***L**'obiettivo di questo esercizio è ottenere delle porte logiche che rappresentino una funzione partendo da altre porte più elementari che rappresentano un'altra funzione.*
Vedremo due circuiti, nel primo di questi si ottiene una porta NOR a 4 ingressi e nel secondo una porta NOR a 2 ingressi.

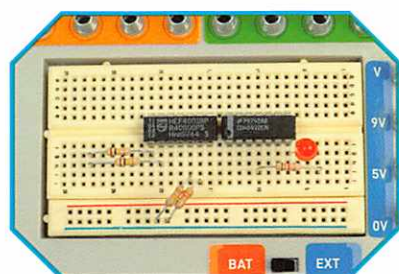
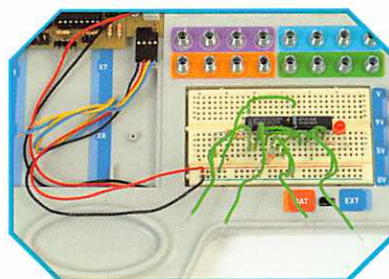
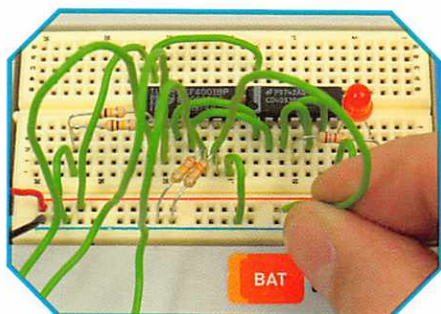
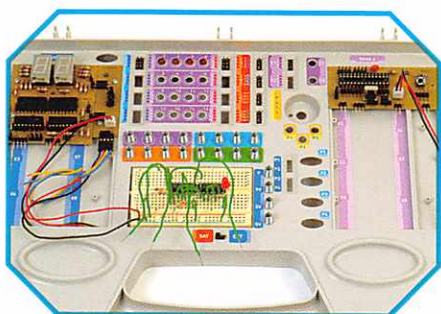
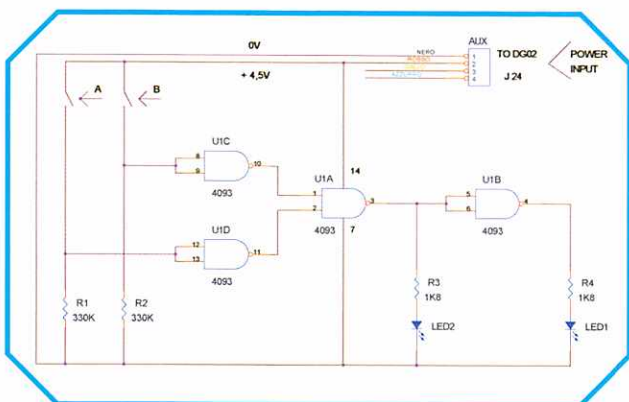
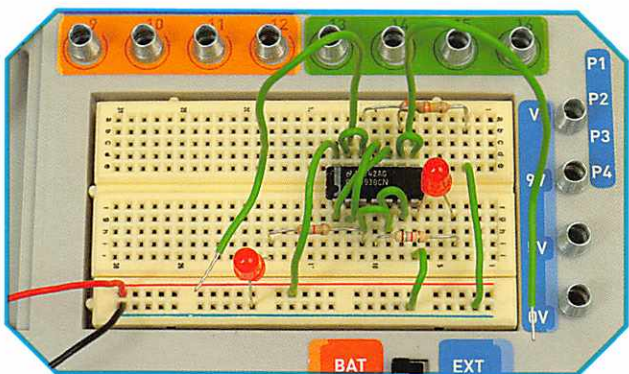
Porta NOR a 4 ingressi

Osservando lo schema vediamo che sono utilizzate 2 porte NOR a 2 ingressi e 2 porte NAND a 2 ingressi; l'ultima, la U1B, si utilizza come porta invertente. Se ciò che desideriamo è ottenere una porta OR a 4 ingressi, è sufficiente prendere l'uscita sul terminale 3 del circuito integrato 4093, ovvero U1A.

L'altra parte del circuito si utilizza per applicare un livello logico all'ingresso, ogni ingresso è collegato al negativo dell'alimentazione tramite una resistenza di valore elevato. Quando i collegamenti rappresentati dagli interruttori A, B, C e D sono aperti, ovvero non c'è collegamento, le resistenze da R1 a R4 mantengono un livello 0 sugli ingressi. Se uno degli interruttori si chiude, l'ingresso corrispondente passa a 1, dato che si collega direttamente al positivo dell'alimentazione; il consumo è ridotto, dato che le resistenze da R1 a R4 sono di valore elevato.

Ricordiamo la struttura della tabella della verità di una porta NOR a 4 ingressi: possiamo vedere che l'uscita (S) è 1 solamente quando tutti gli ingressi sono a 0.

Porta NOR a quattro ingressi.

Porta NOR a 4 ingressi

A	B	C	D	S
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

Componenti utilizzati nella porta NOR a quattro ingressi.

Montaggio dei fili di collegamento compresa l'alimentazione.

Realizzando uno qualsiasi dei quattro collegamenti, A, B, C o D, il LED si spegnerà.

Porta NOR a 4 ingressi.

Porta NOR partendo da porte NAND.

Porta NOR a 2 ingressi.

Montaggio

Il montaggio non è molto complicato e si esegue nel modo abituale, seguendo lo schema. Entrambi gli integrati devono essere ben collocati, realizzeremo i collegamenti A, B, C e D con i fili; quando avremo a disposizione i quattro pulsanti li potremo utilizzare per questa funzione.

Alimentazione

Questo circuito si può alimentare indistintamente a 4,5- 5 o 9 V. Per il momento, con il materiale fornito finora, lo possiamo alimentare con le pile inserite nel portabatterie della zona 1, utilizzando un cavetto di collegamento sul connettore J41 di DG04, e facendo attenzione che il cavo nero sia collegato al terminale 1, corrispondente a 0 V, e il cavo rosso al 5 V. quando il laboratorio sarà completato, il circuito verrà alimentato dalle molle 0 e 5 V.

Porta NOR a due ingressi

Il secondo circuito mostra come costruire una porta NOR a due ingressi utilizzando porte NAND a due ingressi, la funzione NOR corrisponde al LED 1, mentre la funzione OR corrisponde al LED 2. Il montaggio è piuttosto semplice e si alimenta allo stesso modo del circuito precedente.

LISTA DEI COMPONENTI

Circuito NOR a 4 ingressi	
U1	Circuito integrato 4093
U2	Circuito integrato 4001
R1, R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R3, R4	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R5	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
LED1	Diodo LED rosso
Circuito NOR a 2 ingressi	
U1	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R3, R4	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
LED1,LED2	Diodo LED rosso

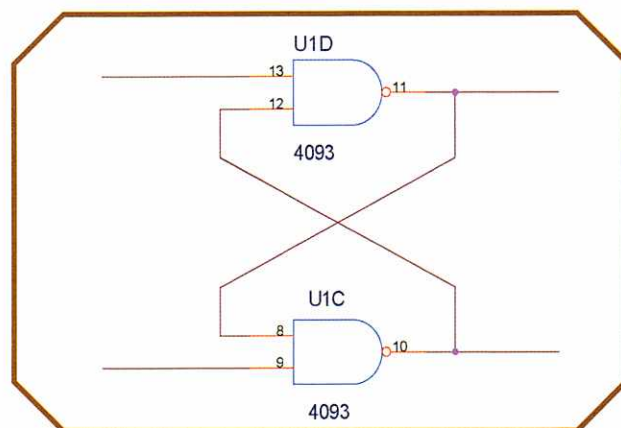
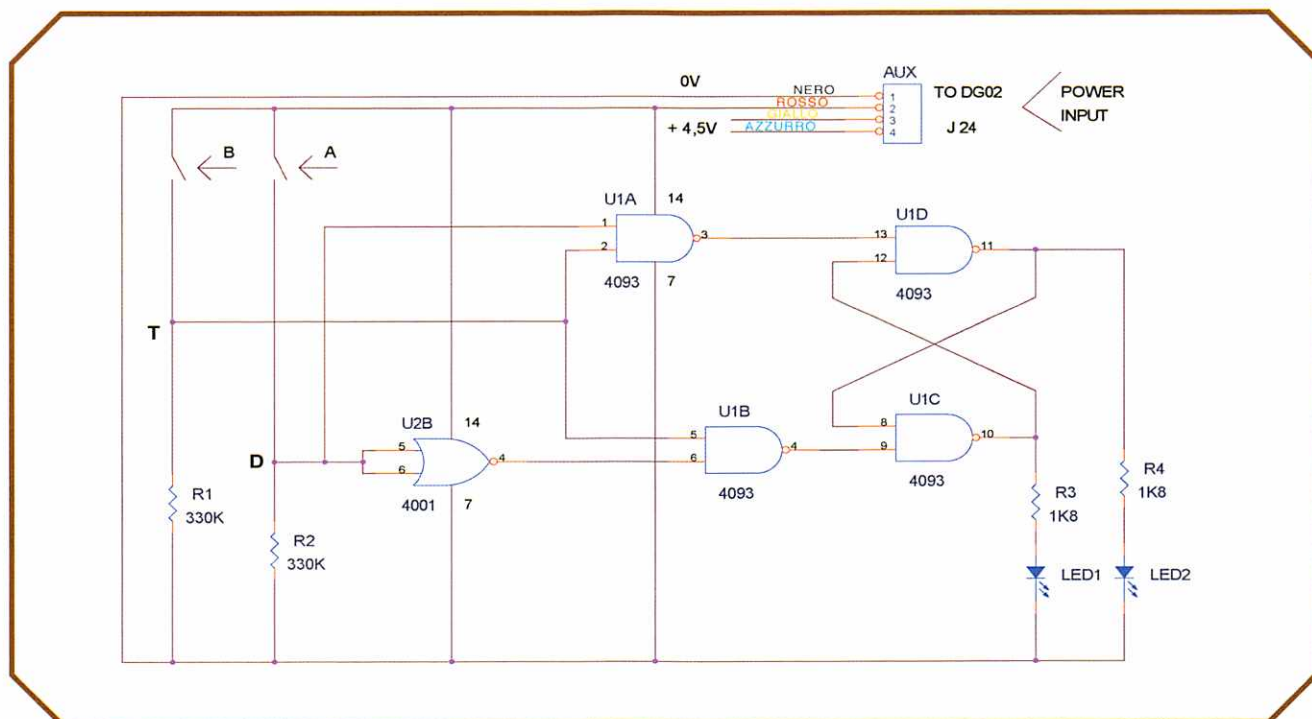
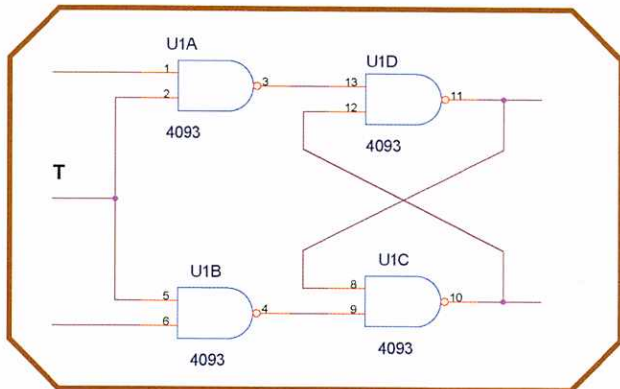
Bistabile tipo D

Questo esperimento consiste nel costruire un bistabile tipo D sincrono. Questo tipo di bistabile ha un ingresso per i dati e l'altro per il clock.
Il dato presente sull'ingresso può essere solamente 0 o 1, e si trasferisce all'uscita unicamente quando si applica un impulso di clock.
Se non c'è l'impulso di clock non c'è trasferimento del dato. Quando cessa l'impulso, lo stato dell'uscita si mantiene.

Il circuito

Se osserviamo attentamente lo schema in basso vedremo che il circuito di base parte da un bistabile RS, formato dalle porte U1D e U1C; le loro uscite sono rispettivamente i terminali 11 e 10 del circuito integrato 4093.

Bistabile RS sincrono

Le altre due porte di questo integrato, ovvero U1A e U1B, le cui uscite si applicano a entrambi gli ingressi del bistabile, sono utilizzate come elementi di sincronizzazione, infatti possiamo notare che un ingresso di ogni porta, il

Bistabile RS di base.

Circuito bistabile tipo D.

Bistabile RS con ingresso di sincronizzazione (T).

Componenti montati sulla scheda Bread Board.

2 di U1A e il 5 di U1B, è unito all'ingresso T di sincronizzazione, che si può anche chiamare ingresso di clock. In questo modo si ottiene un bistabile RS sincrono.

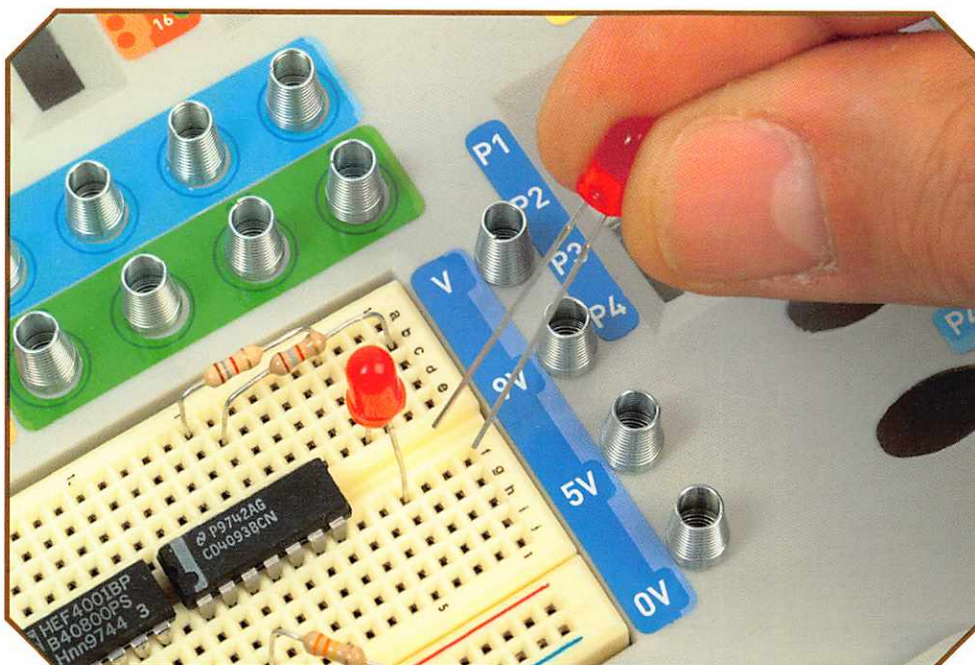
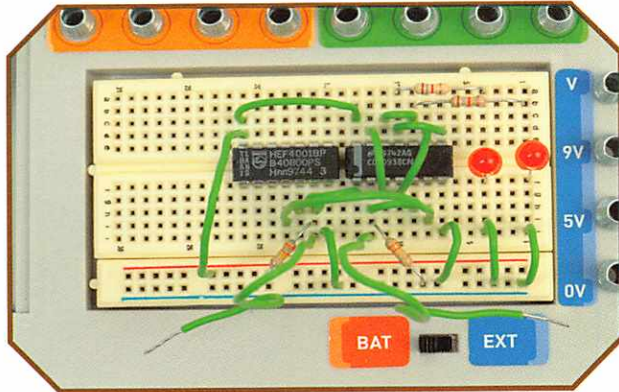
Bistabile D sincrono

La porta NOR U2B è collegata tra i due ingressi RS, in modo che uno sia sempre invertito rispetto all'altro. Bisogna tener presente che un bistabile tipo D ha solamente un ingresso, e lo otteniamo in questo modo utilizzando un bistabile RS.

Quando i due collegamenti A e B sono aperti, le resistenze R1 e R2 mantengono lo stato a 0. Chiudendo il collegamento si applica un 1 all'ingresso corrispondente.

Infine i due LED, con le loro resistenze di limitazione per la corrente, si utilizzano come indicatori dello stato di ogni uscita, utilizzando le due uscite del bistabile illumineranno solamente un LED alla volta.

Montaggio

Il montaggio di questo esperimento è quello abituale, i primi componenti da inserire sono i due circuiti integrati, dopo monteremo il resto dei componenti e realizzeremo i collegamenti, senza dimenticare le alimentazioni

Bisogna fare attenzione alla polarità dei LED: l'anodo è il terminale più lungo.

Esperimento con il cablaggio realizzato.

I collegamenti A e B si fanno con fili.

dei due integrati, terminali 14 e 7 rispettivamente, e facendo attenzione alla polarità dei LED. L'alimentazione si ottiene dal connettore J24 di DG02. Quando il laboratorio sarà più completo e le molle 0 e 9 saranno collegate, da queste ultime potremo prendere l'alimentazione.

Terminato il montaggio, prima di collegare l'alimentazione, conviene rivedere tutto il lavoro svolto, verificando che ogni integrato sia quello indicato, che i LED siano collegati con la polarità adeguata e che tutti i collegamenti siano corretti. Tenete presente che è piuttosto facile sbagliare, dato che si lavora in una zona molto piccola con collegamenti molto vicini.

Bisogna anche fare attenzione a evitare cortocircuiti tra i terminali dei componenti non isolati e lunghi, come quelli delle resistenze.

L'alimentazione verrà collegata dopo aver rivisto tutto il lavoro di montaggio svolto.

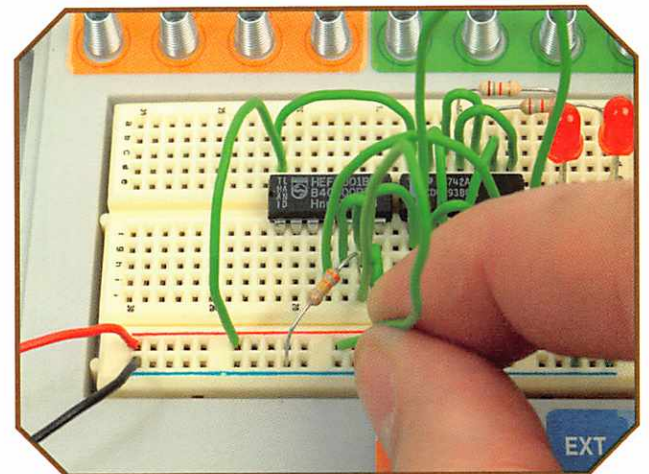
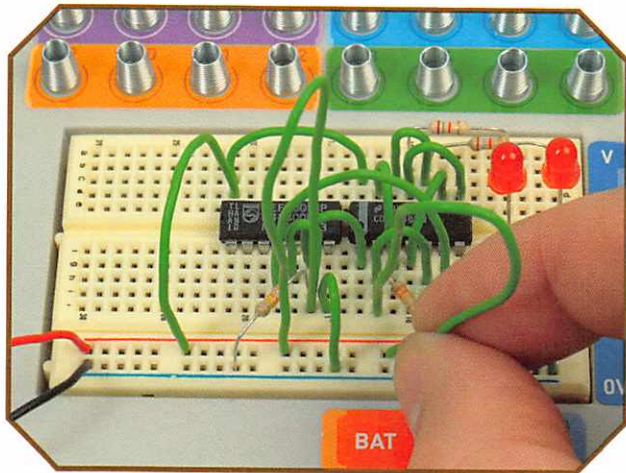
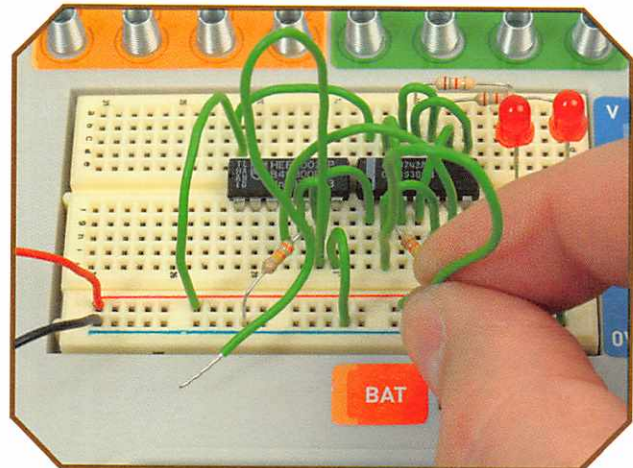
Prova di funzionamento

Dopo aver verificato il circuito collegheremo l'alimentazione, e a questo punto, uno dei due LED si illuminerà e l'altro rimarrà spento.

Partiamo dalla posizione in cui i collegamenti A e B sono aperti, ovvero i fili che utilizziamo per rappresentarli sono scollegati. Colleghiamo e scolleghiamo A diverse volte e vedremo che lo stato del LED non cambia.

Ora colleghiamo B e osserviamo che ogni volta in cui si collega e si scollega, l'ingresso si trasferisce all'uscita.

Con B chiuso cambiamo lo stato di A e osser-

Alimentazione utilizzata.

Collegando A si applica un 1 all'ingresso del bistabile.

Collegando B
l'ingresso si trasferisce all'uscita.

Scollegando A e collegando nuovamente B, anche se per breve tempo, l'uscita cambia.

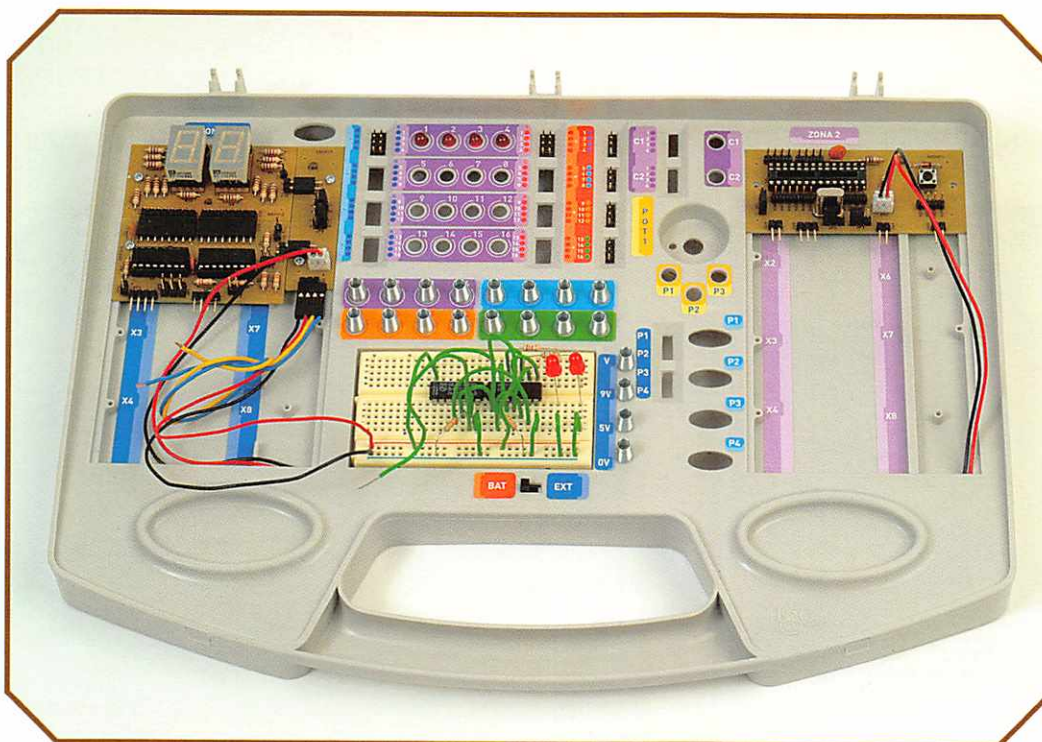
LISTA DEI COMPONENTI

Circuito di base

U1	Circuito integrato 4093
U2	Circuito integrato 4001
R1, R2	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R3, R4	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
LED1,LED2	Diodo LED rosso

viamo ciò che succede. Quando l'uscita è cambiata rispetto allo stato iniziale, stacchiamo B e vediamo che questa nuova situazione si memorizza.

Con B aperto, ovvero scollegato, colleghiamo diverse volte A e vedremo che l'uscita non cambia, perché, essendo aperto B, l'ingresso non si trasferisce all'uscita.

Riassumendo, bisogna collegare B per fare in modo che l'ingresso si trasferisca all'uscita.

Vista generale del laboratorio con l'esperimento.

Watchdog timer, il cane da guardia

Il WDT è un contatore che genera un reset quando va in overflow. Molti microcontroller sono dotati di questo dispositivo, perché è molto utile per evitare che i nostri programmi rimangano bloccati o si perdano all'interno di qualche ciclo.

Funzionamento

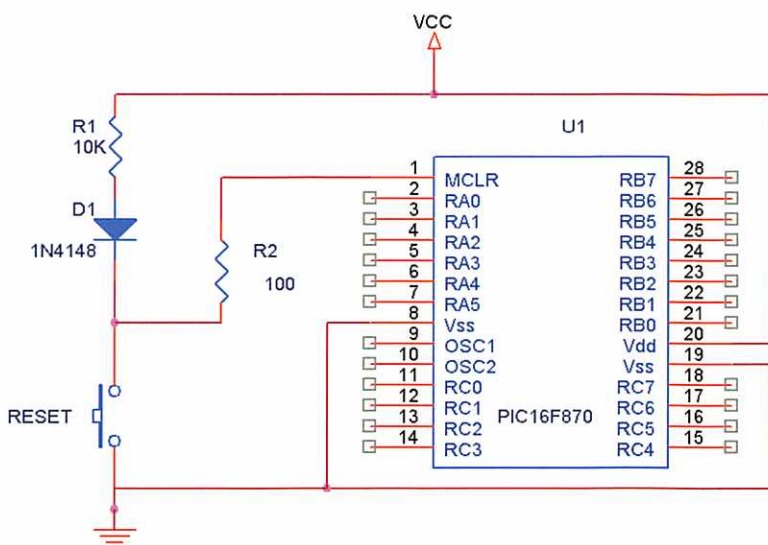
Il Watchdog è un contatore ascendente da 8 bit che quando va in overflow provoca un reset sul processore. La sua funzione è quella di controllare la corretta elaborazione delle istruzioni del programma ed evitare di cadere in cicli infiniti o di restare in attesa di un segnale che non arriva mai. Il programmatore deve posizionare in modo strategico all'interno del programma le istruzioni che azzerano il WDT in modo da evitare che vada in overflow. In questo modo, se il programma segue uno sviluppo corretto, verranno eseguite le istruzioni e, prima che il WDT vada in overflow, ve ne sarà una che lo aggiornerà. Nel caso in cui il programma rimanga bloccato in un ciclo, il WDT non verrà reinizializzato e, quando giungerà al termine del suo conteggio, genererà un reset a tutto il sistema.

Tutti coloro che lavorano con un computer hanno dovuto qualche volta reinizializzare il PC con un reset, perché il sistema è rimasto bloccato. Con il microcontroller possiamo fare un reset manuale, mediante un apposito circuito collegato al piedino numero 1 del PIC ($\overline{MCLR}$), oppure lavorare con il WDT in modo che questo eviti automaticamente che si blocchi il programma.

L'istruzione CLRWDT

Per reinizializzare o aggiornare il valore del conteggio del WDT utilizzeremo l'istruzione CLRWDT (Clear Watch Dog Timer). Questa istruzione cancella il valore del WDT, reinizializzando il conteggio, e dovrà essere posizionata in punti strategici del programma per fare in modo che, se tutto va bene, il contatore non possa andare in overflow.

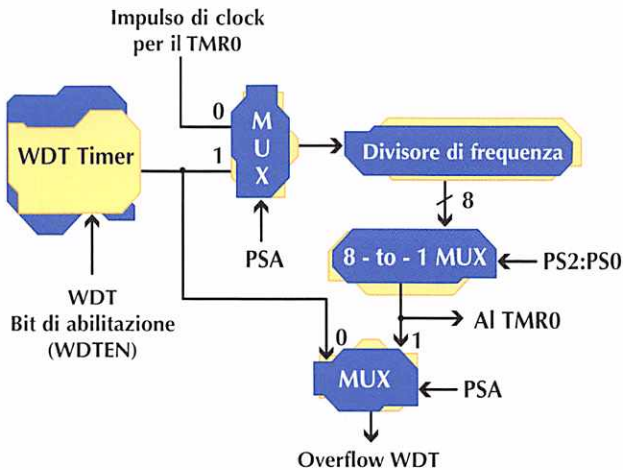
Anche l'istruzione SLEEP cancella il WDT, inoltre ferma tutto il sistema portandolo in un modo di lavoro in cui il consumo è minimo (modo riposo o di basso consumo).

Se non si disattiva il Watchdog entrando in modo riposo, quando giunge al termine del conteggio provocherà un reset e uscirà dal suddetto modo.

Reset manuale del PIC16F870.

Funzionamento del Watchdog.

Per disattivare il Watchdog imposteremo a 0 il bit 2 (WDTEN) della parola di configurazione.

Scrittura interna

Il WDT ha un controllo del tempo indipendente dalla rete principale, basato su un oscillatore RC (Resistenza-Condensatore) interno.

Schema interno del Watchdog.

PS2:PS0	Range del WDT	Range del TMR0
0 0 0	1:1	1:2
0 0 1	1:2	1:4
0 1 0	1:4	1:8
0 1 1	1:8	1:16
1 0 0	1:16	1:32
1 0 1	1:32	1:64
1 1 0	1:64	1:128
1 1 1	1:128	1:256

Range del postdivisore in funzione dei tre bit PS2:PS0.

Questo oscillatore è indipendente dall'oscillatore che può essere sul pin OSC1/CLKI, questo significa che il WDT continuerà a girare anche quando il clock dei pin OSC1/CLKI e OSC2/CLKO si sarà fermato, come succede con l'istruzione SLEEP.

La temporizzazione nominale con cui è programmato il Watchdog è di 18 ms, però la si può aumentare utilizzando il divisore di frequenza. Con il massimo valore del range si può raggiungere un tempo di aggiornamento di 2,3 secondi. Questo divisore è uguale a quello utilizzato dal TMR0 e può essere utilizzato solamente da uno dei dispositivi per volta, ovvero, o lo si utilizza con il WDT o con il TMR0.

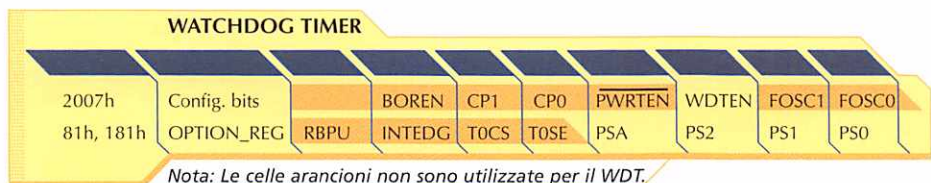
Nella figura possiamo analizzare l'architettura interna del WDT e come interagisce con il divisore di frequenza. Gli impulsi del WDT possono passare tramite il postdivisore di frequenza che li divide per il range selezionato. Questo range si determina in base al valore dei tre bit del registro OPTION_REG (PS2:PS0) in base alla tabella della figura.

Per assegnare il divisore di frequenza al WDT è necessario impostare il bit PSA=1 sul registro OPTION_REG.

Quando il WDT va in overflow, il bit che ci indica che si è generato questo evento è il bit $\overline{TO}$ (STATUS<4>), che assumerà valore 0. In questo modo possiamo discriminare la causa che ha generato il reset.

Esempio

Il Watchdog di un PIC è programmato per andare in overflow dopo 18 ms. Se sappiamo che ogni istruzione impiega 1 µs per essere eseguita, calcolare ogni quante istruzioni, come massimo, bisogna aggiornare il Watchdog.

Registro della Parola di Configurazione o Configuration Word.

Registri che intervengono nel funzionamento del WDT.

$$\frac{18\ ms}{1\mu s\ /\ istruzioni} = \frac{18 \bullet 10^{-3}}{1 \bullet 10^{-6}}\quad 18000\ istruzioni$$

Istruzioni da eseguire prima che il WDT vada in overflow.

Se un'istruzione dura 1 µs e bisogna cancellare il WDT ogni 18 ms come massimo, sarà possibile eseguire le istruzioni riportate nella figura.

Esempio

Dato un lavoro critico all'interno del programma principale eseguito da un microcontroller PIC che lavora a 4 MHz, lo vogliamo sorvegliare con il Watchdog, in modo che, se si supera il tempo stabilito per la sua esecuzione, si reinizializza il processore.

Il lavoro consiste nel ripetere 100 volte un ciclo composto da 300 istruzioni normali, senza nessuna di salto.

All'inizio, davanti a ogni lavoro si colloca un'istruzione CLRWDT per reinizializzare il Watchdog. Al termine del lavoro posizioneremo un'altra istruzione CLRWDT per impedire il reset da overflow se il ciclo viene eseguito nel tempo stabilito. Quando questo tempo viene superato si genera un reset. Calcolare il tempo con cui vogliamo programmare il WDT.

Per calcolare questo tempo, come prima cosa, dobbiamo stimare il tempo impiegato a realizzare il lavoro normalmente, dopodiché programmarlo affinché vada in overflow nel caso duri di più. Nella figura in basso si possono vedere i passaggi seguiti per risolvere il nostro esempio.

Esempio

Vediamo ora un programma reale di tipo combinazionale. Si tratta di leggere il valore di una serie di segnali logici di ingresso (RA0-RA4) della porta A, realizzare un'operazione aritmetica con il suddetto valore (sommiamo la costante 5) e depositare il risultato su una porta di uscita (RB0-RB7 della porta B).

Nella figura riprodotta alla pagina successiva possiamo vedere il codice risultante del programma, con i relativi commenti che ci aiuteranno a capirlo. Come da abitudine, la prima parte o intestazione del programma è praticamente uguale a tutti gli altri: dichiarazione del PIC, del file che contiene le definizioni dei registri e l'organizzazione del programma in memoria.

Il programma in sé comincia a partire dall'etichetta 'Inizio', poi si configurano i dispositivi da utilizzare. In ultimo, nella terza parte, dopo l'etichetta 'Loop' si specifica ciò che vogliamo fare. Possiamo verificare che la prima istruzione di questo blocco è 'clrwdt', dato che siamo in un ciclo che si ripete costantemente e non vogliamo che per qualche motivo il programma si blocchi. In questo modo, se il microcontroller non può ricevere i segnali di ingresso o riportare il risultato sull'uscita, non continuerà a eseguire le istruzioni, quindi non eseguirà quella di aggiornamento del WDT, il che significa che si produrrà un Reset.

In tutti i programmi che contengono cicli interattivi si deve lavorare con il WDT e inserire istruzioni di refresh o aggiornamento del WDT collocate in punti strategici.

Copiate questo programma sull'editor di MPLAB, creando in precedenza un progetto, compilatelo ed eseguitelo. Osservate quindi come si modificano i registri ed esercitatevi con tutte le conoscenze acquisite.

Il ciclo di 300 istruzioni normali ha una durata:

- Ciclo istruzione = $4 \cdot Tosc = 4 \cdot (1/4 \cdot 10^6) = 1 \cdot 10^{-6}$ = 1 µs
- Tempo di ciclo = 300 · Ciclo istruzione = $300 \cdot 1 \cdot 10^{-6}$ = 300 µs
- Tempo Totale = 100 · Tempo di ciclo = $100 \cdot 300 \cdot 10^{-6} = 30 \cdot 10^{-3}$ = 30 ms

Il WDT si dovrà programmare
e caricare con il valore adatto, in modo che vada
in overflow alla fine
di un periodo appena più lungo di 30 ms.

Soluzione al secondo esempio.

Programma risultante dall'esercizio di tipo combinazionale

```
                List        p=16F870            ;Tipo di processore
                include     "P16F870.INC"       ;Definizione dei registri interni

                org         0x00                ;Vector di Reset
                goto        Inizio

                org         0x05                ;Salva il vector di interrupt

Inizio    clrf  PORTB                           ;Cancella i latch di uscita
                bsf         STATUS,RP0          ;Seleziona banco 1
                clrf        TRISB               ;Porta B configurata come uscita
                movlw       b'00011111'
                movwf       TRISA               ;Porta A configurata come ingresso
                bcf         STATUS,RP0          ;Seleziona banco 0

Loop:           clrwdt                          ;Cancella il WDT
                movf        PORTA,W             ;Carica lo stato degli ingressi RA0-RA4
                addlw       .5                  ;Somma 5
                movwf       PORTB               ;Visualizza il risultato su RB0-RB7
                goto        Loop

                end                             ;Fine del programma sorgente
```

Aspetto di MPLAB caricando il terzo esempio.